

BIOLOŠKA KONTROLA KOROVA BILJNIM PATOGENIMA

Marija Ravlić ⁽¹⁾, Renata Baličević ⁽¹⁾

Pregledni znanstveni članak
Scientific review

SAŽETAK

Biološka kontrola podrazumijeva primjenu živih korisnih organizama i produkata njihovog metabolizma u kontroli štetočinja. Biljni patogeni mogu se u suzbijanju korova koristiti na tri različita načina: klasičnom, konzervacijskom i augmentativnom (inokulativnom i inundativnom) biološkom kontrolom. Uz inundativnu biološku kontrolu veže se i primjena bioherbicida (mikoherbicida), odnosno umjetni uzgoj patogena i njihova primjena u određenim fazama razvoja usjeva i korova. Biološka kontrola korova može se primijeniti u sustavima gdje su kemijski herbicidi zabranjeni, gdje postoje rezistentne korovne vrste ili u integriranim sustavima zaštite od korova s reduciranim dozama herbicida i drugim nekemijskim mjerama, no ima određena ograničenja i nedostatke.

Ključne riječi: biološka kontrola, patogeni, korovi, mikoherbicidi

UVOD

Iako je suzbijanje korova neizostavna mjera u suvremenoj poljoprivrednoj proizvodnji, a uporaba herbicida ističe se kao jednostavna i učinkovita, njihova primjena nije moguća, poželjna ili dovoljna u svakoj situaciji. Štoviše, pretjerana uporaba herbicida uzrokuje niz negativnih posljedica, kao što su pojava rezistentnosti korova (Macías i sur., 2003.), onečišćivanje okoliša (rezidui u vodi i tlu) te štetne posljedice za zdravlje ljudi i životinja (Baretto i sur., 2000.). Zabrana uporabe određenih djelatnih tvari zakonskim regulativama i visoki troškovi razvoja novih, registracije herbicida te nedostatak registriranih herbicida za primjenu u malim kulturama, vodenim sustavima i kanalima, zahtjev tržišta za hranom proizvedenom bez pesticida i bez genetskih modifikacija također pridonose iznalaženju alternativnih načina suzbijanja korova (Charudattan, 2001.). U današnje doba poljoprivrede, u kojoj dominira ekologija, kao cilj fitomedicine se postavlja ekološki prihvatljiva zaštita bilja. Ekološki prihvatljiva zaštita bilja ostvaruje se reduciranom klasičnom kemijskom zaštitom, primjenom preventivnih mjera zaštite, kao i uvođenjem najnovijih mjera biološkoga suzbijanja štetočinja (Baličević, 2008.). Biološka kontrola podrazumijeva primjenu živih korisnih organizama (parazita, predatora, patogena, antagonista, kompetitora) i produkata njihovoga metabolizma (toksina, spora) u kontroli štetočinja, odnosno smanjenja njihove populacije ispod ekonomskih pragova štetnosti (Van Driesche i Bellows, 1996., Frank i Gillet-Kaufman, 2012.).

Biološka kontrola prihvaćena je kao praktična, sigurna, visoko efikasna i ekološki prihvatljiva metoda

suzbijanja, primjenjiva u agroekološkim sustavima, bez štetnih posljedica na zdravlje potrošača i proizvođača (Charudattan, 2005., Baličević i sur., 2008.). Biološka kontrola korova moguća je primjenom kukaca, nematoda, bakterija, gljiva i biljaka i njihovih pripravaka (bioherbicida, mikoherbicida, aleloherbicida).

Povijest biološkoga suzbijanja korova seže na kraj 18. stoljeća, a najraniji pokušaj izvršen je 1795. godine, unosom štitaste uši *Dactylopius ceylonicus* iz Brazila u Indiju, u cilju suzbijanja kaktusa *Opuntia vulgaris* (Maceljski, 2003.). Biljni patogeni se u kontroli korova koriste od 1960-ih, a neki od prvih projekata su suzbijanje korovnih vrsta *Rumex* spp. u Sjedinjenim Državama (Inman, 1971.) te *Rubus* spp. u Čileu (Oehrens, 1977.).

KARAKTERISTIKE PATOGENA ZA BIOLOŠKO SUZBIJANJE KOROVA

Biljni patogeni poznati su po svojoj sposobnosti izazivanja ozbiljnih i destruktivnih epidemija ukoliko je prisutan izvor inokuluma uz biljku domaćina te povoljni okolišni uvjeti. Utilizacija patogena, kao bioloških agensa za suzbijanje korova, obrnuta je od pokušaja suzbijanja patogena koji izazivaju bolesti na usjevima. Poznavanje patogena i uvjeta koji im pogoduju može se iskoristiti za što uspješniju borbu protiv korova (Charudattan i Dinooor, 2000.).

Patogeni koji se koriste u biološkoj kontroli moraju posjedovati određene karakteristike o kojima ovisi njihovo

(1) Marija Ravlić, mag.ing.agr. (mravlic@pfos.hr), dr.sc. Renata Baličević, izv.prof. - Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Ulica kralja Petra Svačića 1d, 31000 Osijek

va uspješnost. Bitne su karakteristike njihova brojnost i specifičnost, efikasnost, promjenjivost, neiskorjenjivost, lako širenje i samoregulacija te neškodljivost za čovjeka i životinje (Petanović i sur., 2000.).

Uspješnost biološke kontrole određenim patogenom ovisi o brojnim faktorima, kao što su gustoća populacije biljke domaćina koja omogućava brzo širenje bolesti, genetska uniformnost, odnosno homogenost populacije, osjetljivost biljke domaćina, prisustvo dovoljne količine inokuluma, sposobnost preživljavanja u nepovoljnim uvjetima, povoljni uvjeti za razmnožavanje te uspješna tehnologija proizvodnje (Charudattan, 1987.).

Patogeni koji se koriste u biološkoj kontroli različito utječu na korovne vrste. Pojedini se patogeni pričvršćuju za korijenov sustav biljaka i usporavaju njihov rast, dok neki inficiraju korijen prekidajući dovod vode i hranjivih tvari te reduciraju razvoj lisne mase. Infekcija nekim patogenima prouzrokuje nekroze na nadzemnim dijelovima biljaka, dok drugi izazivaju starenje i smanjenje proizvodnje sjemena, uginuće cijele biljke i slično (Yandoc-Ables i sur., 2006.a).

NAČINI BIOLOŠKE KONTROLE KOROVA

Primjena biljnih patogena u suzbijanju korova koristi se na tri različita načina: klasičnom, konzervacijskom i augmentativnom (inokulativnom i inundativnom) biološkom kontrolom.

Klasična biološka kontrola

Klasična biološka kontrola podrazumijeva unošenje efikasnoga i za korova domaćina visoko specifičnoga prirodnoga neprijatelja (patogena) iz područja iz kojega je i sam korov u područje koje korov zakorovljuje i u kojem je invazivan. Nakon jednokratne inokulacije, od patogena se očekuje uspostava stalne populacije i ravnoteža sa štetnom vrstom te kontrola brojnosti korovnih biljaka (Charudattan i Dinoor, 2000., Kenis, 2009.).

Za uspješnu klasičnu biološku kontrolu potrebno je utvrditi je li patogen štetan za ciljanu korovnu vrstu koju treba suzbiti, ali ujedno mora biti neškodljiv za druge ne-ciljane biljne vrste (test raspona domaćina - host specificity test), mora se prilagoditi ekološkome sustavu u koji je introducirano, činiti štete na ciljanu korovnu vrstu te smanjiti njenu populaciju (Froude, 2002.).

Iako nije skupa, klasična biološka kontrola ima i svoje nedostatke. Osim što je dugotrajna, ponekad je i neuspješna. Patogen se, primjerice, u nekim slučajevima ne može prilagoditi okolišnim uvjetima u koje je introducirano, ili se prilagodi, ali nema nikakav učinak na biljku domaćina (Hoffman i Frodsham, 1993., Julien i Griffiths, 1998.). Klasična biološka kontrola najuspješnija je u stabilnim ekosustavima, kao što su šume, travnjaci, pašnjaci te vodeni sustavi i, općenito, ne koristi se za suzbijanje korova u intenzivnom uzgoju usjeva, s obzirom na njeno sporo djelovanje i vrlo kratki uzgojni ciklus pojedinih kultura (Hoffman i Frodsham, 1993., Charudattan i Dinoor, 2000.).

Do 1996. godine provedeno je oko 1150 klasičnih bioloških programa, odnosno ciljanih ispuštanja 365 prirodnih neprijatelja za kontrolu 133 korovne vrste (Julien i Griffiths, 1998.). Julien (1992.) navodi 7 vrsta gljiva koje se koriste u suzbijanju korovnih vrsta, a Hasan (1988.) oko 60 vrsta gljiva kao potencijalne agense u borbi protiv korova. Primjer uspješne klasične biološke kontrole je unošenje hrđe *Puccinia chondrillina* u Australiju za kontrolu invazivne korovne vrste *Chondrilla juncea* (žuta zvečka) porijeklom s Mediterana. *Puccinia chondrillina* hrđa također je unesena s Mediterana te kroz klasičnu biološku kontrolu uspješno suzbija tu korovnu vrstu (Cullen, 1985.). Primjena snijeti (*Entyloma ageratinae*) i hrđa (*Puccinia carduorum*, *Phragmidium violaceum* i *Uromyces mycladium tepperianum*) za suzbijanje različitih korovnih vrsta (*Ageratina riparia*, *Carduus thoermeri*, *Rubus* spp.) i invazivne drvenaste vrste *Acacia saligna* također su primjeri uspješne klasične biološke kontrole (Charudattan i Dinoor, 2000.).

Konzervacijska biološka kontrola

Konzervacijska biološka kontrola (lat. *conservatio* – održavanje, čuvanje) temelji se na primjeni različitih mjera koje čuvaju ili omogućuju bolje uvjete za razvoj već prisutnih autohtonih prirodnih neprijatelja korovne vrste koju treba suzbiti (Petanović i sur., 2000., Froude, 2002.). Konzervacijska metoda suzbijanja korova vrlo se rijetko koristi kada su u pitanju patogeni i značajna je u suzbijanju korova kukcima (Harris i sur., 1996.).

Augmentativna biološka kontrola

Augmentativna biološka kontrola (lat. *augmentatio* – umnožavanje, povećavanje) podrazumijeva periodično ispuštanje autohtonih ili egzotičnih patogena te očekivanje njihovoga brzoga djelovanja. Kod augmentativne biološke metode ne očekuje se stalno uspostavljanje patogena u ekosustavu, nego njihovo održavanje tijekom samo jedne sezone, s obzirom na to da patogeni, u pravilu, ne mogu preživjeti i prouzročiti nove infekcije korovnih vrsta (Petanović i sur., 2000., Frank i Gillet-Kaufman, 2012.).

Augmentativna metoda može biti inokulativna (lat. *inoculatio* – ubrizgavanje), kada se relativno mali broj patogena ispušta u kritičnome periodu (sezonski) ili inundativna (lat. *inundatio* – plavljenje), kada se unosi vrlo veliki broj patogena i to višekratnim ponavljanjem (Petanović i sur., 2000., Hoffman i Frodsham, 1993.). Uz inundativnu biološku kontrolu veže se i primjena bioherbicida (mikoherbicida), odnosno umjetan uzgoj patogena, standardizacija, formulacija i primjena u određenim fazama razvoja usjeva i korova (Charudattan, 1985.).

Istraživanja patogena za primjenu augmentativnom metodom brojna su, no svaki patogen koji je ispitivan ne prolazi postupak registracije, niti se prodaje komercijalno. Ipak, svaki istraživani patogen koji pokazuje negativan utjecaj na korove mogući je budući komercijalizirani bioherbicid. Osim prethodno spomenutih patogena, i brojni se drugi istražuju, posebice oni koji bi mogli kontrolirati dominantne korovne vrste u usjevima (*Amaran-*

thus spp., *Sorghum halepense* i druge travne korove). Ortiz-Ribbing i Williams (2006.) evaluirali su sposobnost patogena *Microsphaeropsis amaranthi*, *Phomopsis amaranthicola* i njihovu kombinaciju da reduciraju rast i preživljavanje nekoliko korovnih vrsta iz roda *Amaranthus*. Patogeni su ispitivani u polju te u kontroliranim uvjetima. Primjena patogena utjecala je na većinu korovnih vrsta, reducirajući rast i preživljavanje. Postotak mortaliteta klijanaca *A. albus* i *A. blitoides* bio je između 80 i 100% nakon primjene kombinacije patogena ili primjene samo *M. amaranthi*, u stakleniku i u polju. Na polju, svih osam korovnih vrsta tretirano s *M. amaranthi* ili s kombinacijom oba organizma pokazalo je simptome oboljenja 15 dana nakon primjene, a mortalitet je bio između 74% i 100%. Chandramohan i Charudattan (2001.) ispitivali su utjecaj tri patogena *Drechslera gigantea*, *Exserohilum longirostratum*, i *E. rostratum* te njihove kombinacije na sedam travnih korova *Dactyloctenium aegyptium*, *Panicum maximum*, *Sorghum halepense*, *Digitaria sanguinalis*, *Cenchrus echinatus*, *Panicum texanum*, *Setaria glauca* u pokusima u staklenicima na klijancima starim 4 tjedna. Svih sedam trava pokazale su osjetljivost na svaki od patogena i njihovu kombinaciju te je utvrđena 100% pojava oboljenja. U pokusima specifičnosti domaćina ispitane su 52 biljke i sve neciljane biljne vrste bile su imune ili otporne na utjecaj patogena. Sauerborn i sur. (2007.) navode da vrste roda *Fusarium* kao patogeni koji se nalaze u tlu mogu biti pogodne za bioherbicide pri suzbijanju parazitnih cvjetnica. Šest *Fusarium* vrsta (*F. arthrosporioides*, *F. nygamai*, *F. oxysporum*, *F. oxysporum* f.sp. *orthoceras*, *F. semitectum* var. *majus*, *F. solani*) pokazale su značajan razvoj bolesti na odabranim vrstama roda *Orobanchae*.

Potencijal brojnih drugih patogena istraživan je, kao što su, primjerice, *Ascochyta caulina* za suzbijanje *Chenopodium album*, *Exserohilum monoceras* za suzbijanje koštana (*Echinochloa crus-galli*), *Fusarium* spp. za vrstu *Striga hermonthica*, *Pseudomonas syringae* pv. *tagetis* za brojne korove iz porodice Asteraceae (Charudattan i Dinoor, 2000.).

ISTRAŽIVANJA BIOLOŠKOGA SUZBIJANJA KOROVA U HRVATSKOJ I REGIJI

Rezultate istraživanja mikopopulacije korovnih vrsta kao domaćina parazita i njihovom utjecaju u širenju bolesti, opis simptoma i mogućnost primjene pojedinih patogena u biološkoj borbi protiv korova u Hrvatskoj i regiji predstavlja nekoliko autora (Vrandečić, 2003.). Petrović (1997.) je u istraživanjima mikopopulacije korova u usjevu kukuruza utvrdila 41 gljivičnu vrstu na 34 vrste korova te kao moguću mikoherbicid navodi gljivu *Bipolaris sorghicola* u kontroli korovne vrste *Sorghum halepense*, budući da gljiva nije pokazala patogenost prema kukuruzu. Jurković i sur. (2001.) su s područja Slavonije i Baranje izolirali i determinirali gljivične vrste koje ne prouzrokuju bolesti na kulturnim biljkama, već su specifična mikopopulacija pojedinih korovnih vrsta. Prema Vrandečić (2003.), umjetna infekcija gljivom *Colletotrichum coccodes* izaziva prijevremeno propadanje

lisne mase i ugibanje cijelih biljaka korovne vrste *Abutilon theophrasti*, a broj propalih klijanaca kreće se, ovisno o koncentraciji spora, od 53-82%. Gljiva bi se zbog produkcije spora i jednostavne aplikacije mogla primijeniti u svrhu biološke kontrole korovne vrste. Cvjetković i sur. (1999.) s korovne vrste *A. theophrasti* izolirali tri gljive *Plasmopara skwortzovii*, *Phoma exigua* var. *exigua* te *C. coccodes*. Potonju navode kao kandidata za biološku borbu protiv navedene korovne vrste. Bures i sur. (2000.) proučavali su mikopopulaciju korovnih vrsta u Mađarskoj te su za biološku borbu izdvojili patogene *Alternaria crasa* (za korovnu vrstu *Datura stramonium*), *Peronospora media* (za korovnu vrstu *Stellaria media*), *Sporisorium cenchri* (za korovnu vrstu *Cenchrus pauciflorus*) te vrste roda *Fusarium* za *Orobanchae* spp. Mogućnost biološkoga suzbijanja korova u Hrvatskoj i istraživanja provodila su se i u okviru brojnih međunarodnih projekata (Maceljski, 2003.). Jurković i sur. (2014.) izolirali su i determinirali 71 gljivičnu i pseudogljivičnu vrstu s 59 korovnih vrsta iz 19 biljnih porodica na području istočne Slavonije i Baranje, a svaka od gljivičnih vrsta daljnjim istraživanjima može biti potencijalni agens za mikrobiološki herbicid.

BIOHERBICIDI (MIKOHHERBICIDI)

Biopesticidi su pripravci na osnovi prirodnih materijala, odnosno biljaka, životinja, gljiva, bakterija, virusa i produkata njihovog organizma, koji se primjenjuju za suzbijanje štetočinja u zaštiti bilja. Ovisno o organizmu koji suzbijaju, dijele se na bioinsekticide, biofungicide, bioherbicide i druge (Igrc-Barčić i Maceljski, 2001.). Bioherbicide su biološki pripravci koje služe za suzbijanje korovnih vrsta kroz inundativnu, odnosno višekratnu primjenu. Najčešće su formulirani na osnovi mikrobioloških agensa, i to gljiva, te se, u tome slučaju, često nazivaju i mikoherbicidi. No, kao bioherbicide se koriste i oni formulirani na osnovi virusa i bakterija (Ash, 2010.).

Koncept bioherbicida (mikoherbicida) predstavili su Daniel i sur. (1973.), koji su dokazali da endemični patogen može destruktivno djelovati na korov domaćina pri primjeni visoke doze inokuluma u određenoj osjetljivoj fenološkoj fazi korova.

Razvoj bioherbicida, odnosno evaluacija patogena za biološku kontrolu, sastoji se od nekoliko razina. Prvenstveno je potrebno identificirati patogene koji prouzrokuju bolesti na korovnim vrstama, izolirati ih i determinirati, ispitati i primijeniti visoku dozu inokuluma, kako bio se utvrdio postotak uginulih biljaka. Potrebno je testirati specifičnost, odnosno odrediti spektar domaćina, te ispitati utjecaj na kvalitetu vode, neciljane vrste te sposobnost preživljavanja u tlu i vodi. Važno je ispitati utjecaj fungicida na patogena, produkciju spora i drugih organa za preživljavanje te, u konačnici, razraditi tehnologiju proizvodnje inokuluma za širu primjenu, odrediti preliminarnu formulaciju i utvrditi efikasnost na većoj površini u prirodnim uvjetima (Ash, 2010.).

Virulentnost patogena najvažnija je za efikasnost bioherbicida. Na mogućnost patogena da izazove štetu na

ciljanome korovu utječu i koncentracija inokuluma i primijenjena doza, također i okolišni uvjeti (vlažnost zraka, temperatura) (Yandoc-Ables i sur., 2006.b).

Formulacija bioherbicide sastoji se od djelatne tvari (mikroorganizam ili spora), nosača (inertna tvar) i adjuvanta, koji može sadržavati hranjive tvari ili kemikalije koje pomažu preživljavanju patogena ili ga čuvaju od nepovoljnih uvjeta okoliša (Hynes i Boyetchko, 2006.). Adjuvanti, također, mogu pomoći pri infekciji domaćina. Glavna zadaća formulacije je da osigura da patogen ostane sposoban za razvoj, virulentan i s dostatnim potencijalom inokuluma, da bi bio učinkovit u polju. Učinkovita formulacija mora biti efikasna, ekonomična i praktična za uporabu (Ash, 2010.).

Povećanje virulencije biološkog agensa moguće je i selekcijom sojeva patogena koji imaju sposobnost izlučivanja visokih količina aminokiselina koje suzbijaju rast i razvoj biljaka (Tiorebaev i sur., 2000.).

Iako je specifičnost bioherbicide poželjna u nekim situacijama (npr. dominantnost jedne vrste, sličnost usjeva i korovne vrste), pojava nekoliko korovnih vrsta u usjevu zahtijeva primjenu bioherbicide širega spektra djelovanja. Veći spektar domaćina bioherbicide može se ostvariti preko formulacije ili kombinacijom patogena (Yandoc-Ables i sur., 2006.b).

Jedan od faktora koji utječu na učinkovitost suzbijanja korova mogućnost je korovne vrste da se odupre infekciji i kolonizaciji patogena. Kombinacija biološkog agensa s herbicidima i drugim kemikalijama koje čine korove podložnima infekciji u cilju je poboljšanja djelovanja bioherbicide (Yandoc-Ables i sur., 2006.b). Peng i Byer (2005.) pokazali su da kombinacija niskih doza setoksidima (jedna desetina preporučene doze) i patogena *Pyricularia setariae* ima veći učinak na suzbijanje zelenoga muhara (*Setaria viridis*), nego kod same primjene herbicide ili same primjene patogena. Yandoc i sur. (2006.b) ispitali su utjecaj nekoliko pesticida na gljivu *Dactylaria higginsii*, potencijalnoga patogena za kontrolu okrugloga šilja (*Cyperus rotundus*) u proizvodnji rajčice, odnosno njihovu kompatibilnost.

Mali je broj bioherbicide registriran, a još je manji broj njih dostupan na tržištu. Charudattan (2001.) navodi pet bioherbicide na osnovi gljiva i jednoga na osnovi bakterije registriranih u Kanadi, Južnoj Africi, Japanu i SAD-u. Bioherbicid DeVine® na osnovi je izolata *Phytophthora palmivora* te je registriran za suzbijanje vrste *Morrenia odorata* u nasadima citrusa na Floridi. Collego®, na osnovi *Colletotrichum gloeosporioides* f.sp. *aeschynomene*, koristi se za kontrolu vrste *Aeschynomene virginica* u riži i soji. BioMalt je registriran u Kanadi za suzbijanje vrste *Malva pumilla*, a na osnovi je patogena *Colletotrichum gloeosporioides* f.sp. *malvae*. Bioherbicid Dr. BioSedge® na osnovi je hrđe *Puccinia canaliculata* i registriran je za suzbijanje vrste *Cyperus esculentus* (jestivi šilj). Izolat bakterije *Xanthomonas campestris* pv. *Poa* izoliran u Japanu iz vrste *Poa annua* (jednogodišnja vlasnjača), registriran je u Japanu kao bioherbicid CAMPERICO® za suzbijanje jednogodišnje vlasnjače na

golf-terenima. Bioherbicid Stumpout® na osnovi je basidiomicete *Cylindrobasidium laeve* i koristi se u suzbijanju izdanaka u rasadnicima drveća i na prirodnim staništima. Barton (2005.) navodi još nekoliko registriranih bioherbicide na osnovi različitih patogena, kao što su *Alternaria cassiae* (CASST™), *Puccinia thlaspeos* (Woad Warrior), *Chondrostereum purpureum* (Myco-Tech™ Paste and Chontrol™ Paste) (SAD, Južna Afrika), *Cylindrobasidium gloeosporioides* (Hakatak®) i *Cylindrobasidium purpureum* (Biochon™) (Nizozemska).

Razvoj bioherbicide, odnosno mikroherbicide, ide u smjeru otkrivanja patogena i njihove primjene u sustavima gdje nema mogućnosti primjene kemijskih herbicide ili je ona skupa. Hallet (2005.) navodi da suzbijanje parazitskih cvjetnica nudi mogućnost primjene bioherbicide, s obzirom na to da se one ne suzbijaju u klasičnim sustavima kontrole korova (Aly, 2007.). Stoga su razvijena dva bioherbicide (Smolder G i Smolder WP) na osnovi gljive *Alternaria destruens*, koji su registrirani u SAD-u za suzbijanje viline kosice (*Cuscuta* sp.) (Ash, 2010.). U Kini je za suzbijanje viline kosice registriran bioherbicid Lubao II, na osnovi patogena *Colletotrichum gloeosporioides* f.sp. *cuscutae* (Zhang, 1985.). Brojna se istraživanja provode i na razvoju bioherbicide za kontrolu drugih parazitskih cvjetnica, kao što su *Striga* sp. i *Orobancha* sp. (Ash, 2010.).

Primjena bioherbicide moguća je i u organskoj proizvodnji, gdje je uporaba sintetičkih pesticida limitirana, odnosno zabranjena. Bioherbicidi na osnovi patogena koji nisu genetski modificirani te imaju formulacije s prirodnim nosačima i adjuvantima mogu se primijeniti u ekološkim sustavima proizvodnje (Roskopf i Koenig, 2003.). Rezistentnost na herbicide također je razlog za razvoj bioherbicide. Sinergija kemijskih herbicide i biljnih patogena mehanizam je za prevladavanje otpornosti na herbicide i ujedno smanjuje aplikaciju visokih doza i herbicide i patogena. S obzirom na to da pojedine djelatne tvari kemijskih herbicide izlaze iz uporabe, odnosno da su zabranjene zakonskim regulativama, primjena bioherbicide može biti jedna od alternativa. U Kanadi dolazi do zabrane primjene kemijskih herbicide za travnjake i dvorišta, stoga su brojni istraživači pokušali iznaći rješenje za suzbijanje maslačika na tratinama. Od 2008. godine registriran je bioherbicid na osnovi gljive *Sclerotinia minor* (Ash, 2010.).

Od navedenih bioherbicide samo ih je nekoliko dostupno na tržištu, dok su ostali nedostupni zbog nedostatka financijske potpore, visokih troškova masovne proizvodnje, pojave rezistentnih biotipova korova i nedostatka tržišta za bioherbicide (Barton, 2005.). U Republici Hrvatskoj za suzbijanje korovnih vrsta nije registriran nijedan bioherbicid na osnovi patogena (Cvjetković i sur., 2014.).

Općenito, na proizvodnju i prodaju bioloških pripravaka u svijetu otpada oko 300 milijuna dolara, što je manje od 1% ukupne prodaje pesticida. Nadalje, od toga se oko 94% odnosi na proizvodnju pripravaka na osnovi *Bacillus thuringiensis* (Filajdić i sur., 2003.). Tr-

žišna vrijednost bioherbicida procjenjuje se na 200 000-500 000 dolara po bioherbicidu godišnje (Charudattan, 2001.).

PREDNOSTI I OGRANIČENJA BIOLOŠKOGA SUZBIJANJA KOROVA PATOGENIMA

Jedan od nedostataka bioherbicida je ograničeni interes za njihovu uporabu zbog kompleksnosti proizvodnje i osiguranja djelotvornosti proizvedenih pripravaka, odnosno duljine njihove učinkovitosti nakon primjene. Doza, formulacija te postojanost tijekom skladištenja također su bitni problemi u proizvodnji i primjeni (Charudattan i Dinoor, 2000., Filajdić i sur., 2003.). Tržište bioherbicida malo je i zbog male financijske dobiti nije zanimljivo velikim proizvođačima (Charudattan i Dinoor, 2000.), postupak proizvodnje specifičan je, a registracija skupa (Ash, 2010.).

S druge strane, biljni su patogeni zbog svoje selektivnosti, prikladni za primjenu u sustavima integrirane zaštite, gdje je jedna vrsta korova dominantna (Guntli i sur., 1999.). Primjenom patogena, koji je selektivan i suzbija samo jednu korovnu vrstu, nema opasnosti za smanjenje bioraznolikosti flore i faune staništa (Charudattan, 2001.), iako je selektivnost ujedno i mana, jer se ne mogu primijeniti tamo gdje je veći broj korovnih vrsta (Šarić i Muminović, 2000.). Razvoj bioherbicida koji može kontrolirati nekoliko srodnih korovnih vrsta ili nekoliko korovnih vrsta i može se primjenjivati u različitim usjevima s ekonomskoga je gledišta efikasniji i zanimljiviji proizvođačima (Charudattan, 2001.). Za razliku od kemijskih pesticida, biološki pripravci na osnovi patogena mogu biti aktivni duže vrijeme nakon inokulacije, odnosno moguće je iskorištavanje sekundarnih i tercijarnih zaraza patogena u suzbijanju korova (Charudattan i Dinoor, 2000.). Bioherbicidi se mogu primijeniti i za suzbijanje korova rezistentnih na određene herbicide te tamo gdje primjena herbicida nije poželjna iz ekoloških razloga (Šarić i Muminović, 2000.).

Iako je danas još uvijek relativno malo komercijalno vrijednih bioloških pripravaka, a njihova uporaba ograničena na mali broj kultura i male površine, od istraživanja ne treba odustati (Jurković i sur., 2014.).

ZAKLJUČAK

Biljni patogeni imaju veliki potencijal kao biološki agensi za suzbijanje korova. Mogućnosti primjene uključuju klasičan, konzervacijski i augmentativni način. S obzirom na veliki broj patogena i korovnih vrsta, veliki je broj mogućnosti primjene. Bioherbicidi se mogu primijeniti tamo gdje su kemijski herbicidi zabranjeni, gdje postoje rezistentne korovne vrste ili u integriranim sustavima zaštite od korova s reduciranim dozama herbicida i drugim nekemijskim mjerama. Istraživanja na području biološkoga suzbijanja korova dokazala su da biopripravci nisu brzo i jednostavno rješenje poput uporabe kemijskih sredstava, no važno je da postoje kao mogućnost izbora te da svojom učinkovitošću u budućnosti postiču eko-

lošku dobrobit. Iako imaju brojnih prednosti, bioherbicidi imaju i brojne nedostatke, među kojima su visoka cijena i kompleksnost proizvodnje najznačajniji. Također, trenutna situacija prevelikog oslanjanja na upotrebu kemijskih herbicida i donošenje odluka u suzbijanju korova samo na osnovi ekonomskih čimbenika, bez uključivanja utjecaja na okoliš, ozbiljan je limitirajući faktor za primjenu bioherbicida.

LITERATURA

1. Aly, R. (2007): Conventional and biotechnological approaches for control of parasitic weeds. In *Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 43: 304-317.
2. Ash, G.J. (2010): The science, art and business of successful bioherbicides. *Biological Control* 52: 230-240.
3. Baličević, R. (2008.): Biološka i kemijska zaštita presadnica povrća od zemljišnih parazita (*Pythium debaryanum*, *Rhizoctonia solani*), disertacija, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, 1-2.
4. Baličević, R., Parađiković, N., Čosić, J., Jurković, D., Šamota, D. (2008): Influence of Substrate in Biological Control of Tomato Seedlings against *Rhizoctonia solani* and *Pythium debaryanum*. *Cereal Research Communications* 36: 1499-1502.
5. Barreto, R., Charudattan, R., Pomella, A., Hanada, R. (2000): Biological control of neotropical aquatic weeds with fungi. *Crop Protection* 19: 697-703.
6. Barton, J. (2005): Bioherbicides: All in a day's work ... for a superhero. Online. Pages 4-6 in: What's New in Biological Control of Weeds? Manaaki Whenua, Landcare Research New Zealand Ltd.
7. Březina, I., Fischl, G., Mikuláš, J. (2000): Biological weed control with fungal pathogens in Hungary. *Z. PflKrankh. PflSchutz. Sonderh.* 17: 667-670.
8. Chandramohan, S., Charudattan, R. (2001): Control of Seven Grasses with Mixture of Three Fungal Pathogens with Restricted Host Ranges. *Biological Control* 22: 246-255.
9. Charudattan, R. (2001): Biological control of weeds by means of plant pathogens: Significance for integrated weed management in modern agro-ecology. *Biocontrol* 46: 229-260.
10. Charudattan R. (2005): Ecological, practical, and political inputs into selection of weed targets: what makes a good biological control target? *Biological Control* 35: 183-196.
11. Charudattan, R. (1987): Impacts of pathogens on aquatic plants used in water treatment and resource recovery systems. U: *Aquatic Plants for Water Treatment and Resource Recovery*. Reddy, K.R., Smith, W.H. (ur.), Magnolia Publishing Inc. pp. 795-803.
12. Charudattan, R. (1985): The Use of Natural and Genetically Altered Strains of Pathogens for Weed Control. U: *Biological Control in Agricultural IPM Systems*. Hoy, M.A., Herzog, D.C. (ur.). Academic Press Inc., 347-372.
13. Charudattan, R., Dinoor, A. (2000): Biological control of weeds using plant pathogens: accomplishments and limitations. *Crop Protection* 19: 691-695.

14. Cullen, J.M. (1985): Bringing the cost benefit analysis of biological control of *Chondrilla juncea* up to date. U: Delfosse, E.S. (ur.), Proceedings of the VI International Symposium on Biological Control of Weeds. Agriculture Canada, Ottawa, pp. 145-152.
15. Cvjetković, B., Topolovec-Pintarić, S., Jurjević, Ž., Bruckart, L. (1999): Fungal diseases of the weed *Abutilon theophrasti* Med. in Croatia. *Phytopathologia Mediterranea* 38: 28-32.
16. Cvjetković, B., Bažok, R., Igrc Barčić, J., Barić, K., Ostojić, Z. (2014.): Pregled sredstava za zaštitu bilja u Hrvatskoj. *Glasilo biljne zaštite* 14(1-2): 1.-222.
17. Daniel, J.T., Templeton, G.E., Smith Jr., R.J., Fox, W.T. (1973): Biological control of northern joint vetch in rice with an endemic fungal disease. *Weed Science*, 21: 303-307.
18. Filajdić, N., Vukša, P., Ivanović, M., Rekanović, E. (2003.): Biološke mjere zaštite bilja: problemi i perspektive. *Pesticidi* 18: 69.-75.
19. Frank, J.H., Gillet-Kaufmann, J.L. (2012): Glossary of expressions in Biological Control. IFAS Extensions, University of Florida, Florida USA. Dostupno na: [http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/IN/IN67300.pdf]
20. Froude, V.A. (2002): Biological control options for invasive weeds of New Zealand protected areas. *Science for Conservation* 199, Department of Conservation, Wellington, New Zealand.
21. Guntli, D., Burgos, S., Kump, I., Heeb, M., Pfirter, H.A., De´fago, G. (1999): Biological control of hedge bindweed (*Calystegia sepium*) with *Stagonospora convolvuli* strain LA39 in combination with competition from red clover (*Trifolium pretense*). *Biological Control*, 15: 252-258.
22. Hallet, S.G. (2005): Where are the Bioherbicides? *WSSA*, pp. 404-415.
23. Harris, R., Steward, C., Syrett, P. (1996): Wild Ginger (*Hedygium* spp.): Prospects for Biological Control. Landcare Research New Zealand Ltd., Lincoln, New Zealand.
24. Hassan, S. (1988): Biocontrol of Weeds with Microbes. U: Biocontrol of Plant Diseases. Mukerji, K.G., Garg, K.L. (ur.). CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 129-151.
25. Hoffman, M.P., Frodsham, A.C. (1993): Natural enemies of Vegetable and Insect Pests. Cooperative Extension, Cornell University, Ithaca, NY.
26. Hynes, R.K., Boyetchko, S.M. (2006): Research initiatives in the art and science of biopesticide formulations. *Soil Biology & Biochemistry*, 38: 845-849.
27. Igrc-Barčić, J., Maceljski, M. (2001.): Ekološki prihvatljiva zaštita bilja od štetnika. Zrinski d.d., Čakovec.
28. Inman, R.E. (1971): A preliminary evaluation of *Rumex* rust as a biological control agent for curly dock. *Phytopathology* 61: 102-107.
29. Julien, M.H. (1992): Biological Control of Weeds: A World Catalogue of Agents and Their Target Weeds. 3rd Edition. CAB Publishing, Wallingford, UK.
30. Julien, M.H., Griffiths, M.W. (1998): Biological Control of Weeds—a world catalogue of agents and their target weeds. 4th edition. CAB Publishing, Wallingford, UK.
31. Jurković, D., Ćosić, J., Vrandečić, K. (2001.): Parazitna mikopopulacija važnijih korovnih vrsta. 37. Znanstveni skup Hrvatskih agronoma, Opatija, Hrvatska, pp. 341.
32. Jurković, D., Ćosić, J., Vrandečić, K., Ilić, J. (2014.): Mikopopulacija korova istočne Slavonije i Baranje. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek.
33. Kenis, M. (2009): Benefits and risks of classical biological control against alien pests. Book of Abstracts and Papers VI Congress of Plant Protection, Zlatibor, Serbia, 2009, II, pp. 14-20.
34. Maceljski, M. (2003.): Istraživanja biološkog suzbijanja korova u Hrvatskoj. *Agriculturae Conspectus Scientificus* 68(1): 21.-25.
35. Macías, F.A., Marín, D., Oliveros-Bastidas, A., Varela, R.M., Simonet, A.M., Carrera, C., Molinillo, J.M.G. (2003): Allelopathy as new strategy for sustainable ecosystems development. *Biological Sciences in Space* 17: 18-23.
36. Oehrens, E. (1977): Biological control of blackberry through the introduction of the rust, *Phragmidium violaceum*, in Chile. *FAO Plant Protection Bulletin* 25: 26-28.
37. Ortiz-Ribbing, L., Williams, M.M. (2006): Potential of *Phomopsis amaranthicola* and *Microsphaeropsis amaranthi*, as bioherbicides for several weedy *Amaranthus* species. *Crop Protection* 25: 39-46.
38. Peng, G., Byer, K.N. (2005): Interactions of *Pyricularia setariae* with herbicides for control of green foxtail (*Setaria viridis*). *Weed Technology*, 19: 589-598.
39. Petanović, R., Klokočar-Šmit, Z., Spasić, R. (2000.): Biološka borba protiv korova, I – strategije, agensi i regulativa. *Acta herbológica* 9(1): 5.-19.
40. Petrović, T. (1997.): Parazitna mikoflora u usevu kukuruza. Magistarska teza, Univerzitet u Novom Sadu.
41. Roskopf, E., Koenig, R. (2003): Are bioherbicides compatible with organic farming systems and will business invest in the further development of this technology? In: VI. International Bioherbicide Group Workshop, Canberra, Australia, pp. 16.
42. Sauerborn, J., Müller-Stöver, D., Hershenhorn, J. (2007): The role of biological control in managing parasitic weeds. *Crop Protection* 26: 246-254.
43. Šarić, T., Muminović Š. (2000.): Savremeni problemi u borbi protiv korova i trendovi u herbološkoj nauci i praksi. *Herbológica* 1(1): 3.-13.
44. Tiourebaev, K.S., Nelson, S., Zidack, N.K., Kaleyva, G.T., Pilgeram, A.L., Anderson, T.W., Sands, D.C. (2000): Amino acid excretion enhances virulence of bioherbicides. pp. 295-299 U: Proceedings of the X International Symposium on Biological Control of Weeds. Spencer, N. R. (ur.) Montana State University, Bozeman.
45. Van Driesche, R., Bellows, G. (1996): Biological Control. Chapman & Hall. Int. Thompson Publ., New York, Washington.
46. Vrandečić, K. (2003.): Mikopopulacija korova u okopavinskim usjevima. Disertacija, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
47. Yandoc-Ables, C.B., Roskopf, E.N., Charudattan, R. (2006a): Plant Pathogens at Work: Progress and Possibilities for Weed Biocontrol. Part 1: Classical vs. Bioherbicide Approach. Online. APSnet Features. Dostupno na: [http://www.apsnet.org/publications/apsnetfeatures/Pages/WeedBiocontrolPart1.aspx]

48. Yandoc-Ables, C.B., Roskopf, E.N., Charudattan, R. (2006b): Plant Pathogens at Work. Progress and Possibilities for Weed Biocontrol. Part 2: Improving Weed Control Efficiency. Online. APSnet Features. Dostupno na: [<http://www.apsnet.org/publications/apsnetfeatures/Pages/WeedBiocontrolPart2.aspx>]
49. Zhang, T.Y. (1985): A forma specialis of *Colletotrichum gloeosporoides* on *Cuscuta* sp. Acta Mycologica Sinica 4: 223-239.

BIOLOGICAL CONTROL OF WEEDS BY MEANS OF PLANT PATHOGENS

SUMMARY

Biological control is the use of live beneficial organisms and products of their metabolism in the pests control. Plant pathogens can be used for weed control in three different ways: as classical, conservation and augmentative (inoculative and inundated) biological control. Inundated biological control involves the use of bioherbicides (mycoherbicides) or artificial breeding of pathogens and application in specific stages of crops and weeds. Biological control of weeds can be used where chemical herbicides are not allowed, if resistant weed species are present or in the integrated pest management against weeds with reduced herbicides doses and other non-chemical measures, but it has certain limitations and disadvantages.

Key-words: biological control, pathogens, weeds, mycoherbicides

(Primljeno 27. ožujka 2014.; prihvaćeno 28. travnja 2014. - Received on 27 March 2014; accepted on 28 April 2014)